



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 198 35 494 A 1

21 Aktenzeichen: 198 35 494.0  
22 Anmeldetag: 6. 8. 1998  
43 Offenlegungstag: 10. 2. 2000

51 Int. Cl. 7:  
F 02 M 57/02  
F 02 D 1/12  
F 02 M 51/00  
F 02 M 51/06

DE 198 35 494 A 1

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE  
74 Vertreter:  
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188  
Stuttgart

72 Erfinder:  
Boecking, Friedrich, 70499 Stuttgart, DE

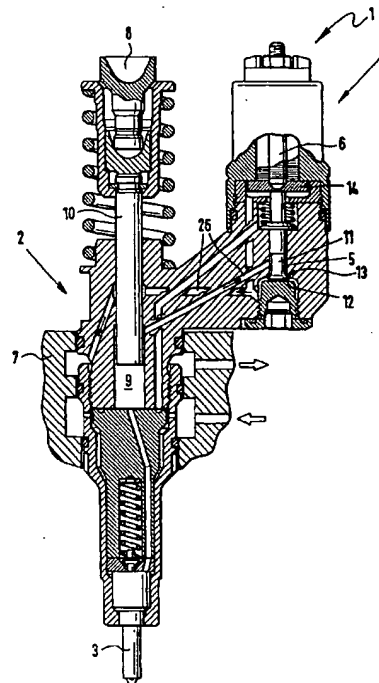
56 Entgegenhaltungen:  
DE 195 19 192 C1  
DE 38 44 133 C2  
= US 49 17 068 A  
DE 37 42 241 C2  
DE 37 28 817 C2  
DE 197 09 794 A1  
DE 195 19 762 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Pumpe-Düse-Einheit

57 Die Erfindung betrifft eine Pumpe-Düse-Einheit (1) zur Kraftstoffzufuhr in einen Verbrennungsraum von direkt-einspritzenden Verbrennungskraftmaschinen mit einer Pumpeneinheit (2) zum Aufbau eines Einspritzdrucks und zum Einspritzen des Kraftstoffs über eine Einspritzdüse (3) in den Verbrennungsraum und mit einer Steuereinheit (4) mit einem Steuerventil (5), das als nach außen öffnendes A-Ventil ausgebildet ist, und einer Ventilbetätigungseinheit (6) zur Steuerung des Druckaufbaus in der Pumpeneinheit (2). Um eine Pumpe-Düse-Einheit (1) mit einer Steuereinheit (4) zu schaffen, die einen einfachen Aufbau hat, kleinstbauend ist und die insbesondere eine kurze Ansprechzeit hat, schlägt die Erfindung vor, dass die Ventilbetätigungseinheit (6) als ein piezoelektrischer Aktor ausgebildet ist.



DE 198 35 494 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Pumpe-Düse-Einheit zur Kraftstoffzufuhr in einen Verbrennungsraum von direkt einspritzenden Verbrennungskraftmaschinen mit einer Pumpeneinheit zum Aufbau eines Einspritzdrucks und zum Einspritzen des Kraftstoffs über eine Einspritzdüse in den Verbrennungsraum und mit einer Steuereinheit, die als ein nach außen öffnendes A-Ventil ausgebildet ist, mit einem Steuerventil und einer Ventilbetätigungseinheit zur Steuerung des Druckaufbaus in der Pumpeneinheit.

## Stand der Technik

Bei einem derartigen Einspritzsystem bilden die Pumpeneinheit und die Einspritzdüse eine Einheit. Pro Motorzylinder wird eine Pumpe-Düse-Einheit (PDE) in den Zylinderkopf eingebaut und entweder direkt über einen Stößel oder indirekt über Kipphebel von einer Motor-Nockenwelle angetrieben.

Bei den aus dem Stand der Technik bekannten Pumpe-Düse-Einheiten sind die Steuereinheiten in der Regel als Magnetventile ausgebildet. Dabei ist die Ventilbetätigungseinheit als ein Elektromagnet ausgebildet, der das Steuerventil betätigt. Das Magnetventil ist im nicht erregten Zustand geöffnet. Dadurch ist ein freier Durchfluß von der Pumpeneinheit zu dem Niederdruckbereich des Systems gegeben und somit ein Befüllen des Pumpenraumes während des Saughubes des Pumpenkolbens und ein Rückströmen des Kraftstoffes während des Förderhubes möglich. Ein Ansteuern des Magnetventils während des Förderhubes des Pumpenkolbens schließt diesen Bypass. Dies führt zu einem Druckaufbau in dem Hochdruckbereich und nach Überschreiten des Öffnungsdrucks der Einspritzdüse zum Einspritzen von Kraftstoff in den Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine. Der Schließzeitpunkt des Magnetventils bestimmt somit den Einspritzbeginn und die Schließdauer des Magnetventils die Einspritzmenge.

Die PDE ist ein zeitgesteuertes Einspritzsystem, d. h. es fehlt eine mechanische Verbindung zwischen Einspritzbeginn und Kurbelwellenlage. Deshalb muß der Einspritzbeginn möglichst genau einer bestimmten Motorkolbenstellung bzw. Kurbelwellenposition zugeordnet werden. Dazu wird ein Steuergerät mit Informationen über die Motorkolbenstellung bzw. die Kurbelwellenposition versorgt. Der Elektromagnet des Magnetventils wird zur Steuerung der Einspritzvorgänge gemäß der in dem Steuergerät abgelegten zeitlichen Reihenfolge und gemäß der erhaltenen Informationen angesteuert.

Die bekannten PDEs mit als Magnetventile ausgebildeten Steuereinheiten haben jedoch den Nachteil, daß Magnetventile üblicherweise eine recht lange Ansprechzeit haben. Das kommt daher, daß der Magnetanker eines Magnetventils aufgrund seiner Masse nicht beliebig schnell beschleunigt werden kann, da Massenträgheitskräfte auf ihn wirken. Zusätzlich muß erst das Magnetfeld zur Erzeugung der Anzugskraft aufgebaut werden. Außerdem sind Magnetventile recht großbauend und weisen relativ viele Einzelteile auf, aus denen sie bei der Herstellung zusammengesetzt werden müssen. Das ist zeitaufwendig und arbeitsintensiv und macht die Magnetventile recht teuer.

Aus den vorgenannten Nachteilen des Standes der Technik ergibt sich die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Pumpe-Düse-Einheit mit einer Steuereinheit zu schaffen, die einen einfachen Aufbau hat, kleinbauend ist und die insbesondere eine kurze Ansprechzeit hat.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ausgehend von der Pumpe-Düse-Einheit der eingangs genannten

Art vor, daß die Ventilbetätigungseinheit als ein piezoelektrischer Aktor ausgebildet ist.

Sog. A-Ventile schließen entgegen der Strömungsrichtung nach außen. Im Gegensatz dazu schließen sog. I-Ventile in Strömungsrichtung nach innen.

Der piezoelektrische Aktor besteht aus einem Kristall, der sich durch Druck- oder Zugspannung polarisieren läßt, bspw. aus Bariumtitanat ( $\text{BaTiO}_3$ ) oder Bleititanat ( $\text{PbTiO}_3$ ). Durch die Polarisation entstehen auf entgegengesetzten Oberflächen Flächenladungen unterschiedlichen Vorzeichens (sog. piezoelektrischer Effekt).

Bei dem piezoelektrischen Aktor wird der sog. reziproke piezoelektrische Effekt ausgenutzt. Dabei kann man bei Kristallen der o. g. Art durch Anlegen eines elektrischen Felds abhängig von dessen Polarität und Richtung eine Längenänderung herbeiführen. Diese Längenänderung wird zur Betätigung des Steuerventils verwendet.

Da ein piezoelektrischer Aktor keine beweglichen Bauteile aufweist, sondern die Längenänderung allein auf einem Verschieben der Kristallgitterstruktur beruht, weist er besonders kurze Ansprechzeiten auf. Außerdem unterliegen piezoelektrische Aktoren keinem Verschleiß und sind preiswert in der Anschaffung. Piezoelektrische Aktoren sind somit besonders gut geeignet, das Steuerventil einer Pumpe-Düse-Einheit zu betätigen.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist die Steuereinheit Mittel auf, um die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine anders gerichtete Ventilbetätigungsbewegung umzulenken. Das hat den Vorteil, daß der piezoelektrische Aktor in Bezug auf das von ihm angesteuerte Steuerventil nahezu beliebig positioniert werden kann. Dadurch ergeben sich in vorteilhafter Weise größere Freiheiten bei dem Entwurf der erfindungsgemäßen Steuereinheiten.

Gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Pumpe-Düse-Einheit wird vorgeschlagen, daß die Steuereinheit Mittel aufweist, um die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine größere Ventilbetätigungsbewegung zu übersetzen. Das hat den Vorteil, daß bei der erfindungsgemäßen PDE besonders kleinbauende piezoelektrische Aktoren eingesetzt werden können. Die maximale Längenänderung eines piezoelektrischen Aktors ist abhängig von dessen äußeren Abmessungen. Kleinbauende piezoelektrische Aktoren weisen demnach eine kleinere Längenänderung auf als größere Aktoren. Um trotz der geringeren Ausdehnungsbewegung eines kleinbauenden piezoelektrischen Aktors eine sichere und zuverlässige Betätigung des Steuerventils zu ermöglichen, werden die Mittel zur Übersetzung der Ausdehnungsbewegung in eine größere Ventilbetätigungsbewegung eingesetzt. Die Übersetzung der Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors führt zwangsläufig zu einer Verminderung der Kraft der übersetzten Ventilbetätigungsbewegung. Die äußeren Abmessungen des piezoelektrischen Aktors und das Übersetzungsverhältnis muß deshalb so gewählt werden, daß einerseits die Länge und andererseits die Kraft der Ventilbetätigungsbewegung ausreicht, das Steuerventil sicher und zuverlässig zu betätigen.

Gemäß einer noch anderen Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß die Steuereinheit Mittel aufweist, die als thermisches Ausgleichselement zwischen dem piezoelektrischen Aktor und dem Steuerventil wirken. Der Ausdehnungskoeffizient des piezoelektrischen Aktors, der üblicherweise aus einem Kristall besteht, unterscheidet sich von dem des Steuerventils, das üblicherweise aus Metall besteht. Aufgrund der unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten kann es bei einer Steuereinheit mit einem starr mit dem Steuerventil verbundenen piezoelektrischen Aktor durch

Temperaturschwankungen zu einer unbeabsichtigten Betätigung des Steuerventils kommen. Um die Auswirkungen der unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten auszugleichen und eine unbeabsichtigte Betätigung des Steuerventils zu verhindern, ist zwischen dem piezoelektrischen Aktor und dem Steuerventil ein Ausgleichselement vorgesehen.

Vorteilhafterweise sind die Mittel zum Umlenken und/oder die Mittel zum Übersetzen der Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors und/oder die Mittel zum Ausgleich der Auswirkungen der unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten des piezoelektrischen Aktors und des Steuerventils als eine hydraulische Übersetzungsanordnung ausgebildet. Eine hydraulische Übersetzungsanordnung stellt einerseits eine ausreichend steife Verbindung zwischen dem piezoelektrischen Aktor und dem Steuerventil dar. Andererseits kann durch die hydraulische Übersetzungsanordnung die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine anders gerichtete Ventilbetätigungsbewegung umgelenkt werden. Außerdem kann dadurch die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine größere Ventilbetätigungsbewegung übersetzt werden. Und schließlich wirkt die hydraulische Übersetzungsanordnung als thermisches Ausgleichselement zwischen dem piezoelektrischen Aktor und dem Steuerventil.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch eine Steuereinheit mit einem Steuerventil, das als ein nach außen öffnendes A-Ventil ausgebildet ist, und einer Ventilbetätigungseinheit zur Steuerung des Druckaufbaus in einer Pumpenanordnung.

Um eine Steuereinheit zu schaffen, die einen einfachen Aufbau hat, kleinbauend ist und die insbesondere eine kurze Ansprechzeit hat, schlägt die Erfindung ausgehend von der o. g. Steuereinheit vor, daß die Ventilbetätigungseinheit als ein piezoelektrischer Aktor ausgebildet ist.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Pumpenanordnung als eine Pumpeneinheit einer Pumpe-Düse-Einheit zur Kraftstoffzufuhr in einen Verbrennungsraum von direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschinen ausgebildet, die einen Einspritzdruck aufbaut und den Kraftstoff über eine Einspritzdüse in den Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine einspritzt. Insbesondere bei einem derartigen Einsatz kommen die Vorteile der erfindungsgemäßen Steuereinheit besonders zum Tragen.

Vorteilhafterweise weist die Steuereinheit Mittel auf, um die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine anders gerichtete Ventilbetätigungsbewegung umzulenken. Vorzugsweise ist die Richtung der Ventilbetätigungsbewegung entgegen der Richtung der Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors gerichtet.

Vorteilhafterweise weist die Steuereinheit Mittel auf, um die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine größere Ventilbetätigungsbewegung zu übersetzen. Außerdem weist die Steuereinheit vorzugsweise Mittel auf, die als thermisches Ausgleichselement zwischen dem piezoelektrischen Aktor und dem Steuerventil wirken.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Steuereinheit sind die Mittel als eine hydraulische Übersetzungsanordnung ausgebildet.

Die hydraulische Übersetzungsanordnung weist vorteilhafterweise einen mit einer Hydraulikflüssigkeit gefüllten hydraulischen Speicher auf, mit dem der piezoelektrische Aktor und ein Ventilkörper des Steuerventils hydraulisch abgedichtet in Verbindung stehen, wobei die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors den Druck in dem hydraulischen Speicher erhöht und die Druckänderung in dem hydraulischen Speicher den Ventilkörper axial verschiebt.

Vorzugsweise drückt ein Federelement einen außen um

den Ventilkörper verlaufenden Ventilteller in einer Durchlaßstellung von einem Ventilsitz des Steuerventils weg, und ein Druckanstieg in dem hydraulischen Speicher drückt den Ventilteller entgegen der Kraft des Federelements in einer Verschußstellung auf den Ventilsitz.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind der piezoelektrische Aktor und das Steuerventil derart angeordnet, daß ihre jeweiligen Längsachsen in einem Abstand und parallel zueinander verlaufen.

Alternativ sind der piezoelektrische Aktor und das Steuerventil derart angeordnet, daß ihre jeweiligen Längsachsen deckungsgleich sind.

Die vorliegende Erfindung betrifft schließlich auch ein Verfahren zur Steuerung des Druckaufbaus in einer Pumpeneinheit mittels einer Steuereinheit mit einem Steuerventil, das als ein nach außen öffnendes A-Ventil ausgebildet ist, und einer Ventilbetätigungseinheit, wobei die Pumpeneinheit Bestandteil einer Pumpe-Düse-Einheit zur Kraftstoffzufuhr in einen Verbrennungsraum von direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschinen ist und die Pumpeneinheit einen Einspritzdruck aufbaut und den Kraftstoff über eine Einspritzdüse in den Verbrennungsraum einspritzt.

Um ein Verfahren zur Steuerung des Druckaufbaus in einer Pumpeneinheit einer Pumpe-Düse-Einheit zu schaffen, das mit einfachen und zuverlässigen Mitteln arbeitet und das insbesondere eine kurze Ansprechzeit hat, schlägt die Erfindung ausgehend von dem o. g. Verfahren vor, daß die Ventilbetätigungseinheit als ein piezoelektrischer Aktor ausgebildet ist und das Steuerventil von dem piezoelektrischen Aktor angesteuert wird.

Um um die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine anders gerichtete Ventilbetätigungsbewegung umzulenken, um die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine größere Ventilbetätigungsbewegung zu übersetzen oder um die Auswirkungen der unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten des piezoelektrischen Aktors und des Steuerventils auszugleichen, wird gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung vorgeschlagen, daß die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors über eine hydraulische Übersetzungsanordnung auf das Steuerventil übertragen wird.

Im folgenden werden zwei bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Pumpe-Düse-Einheit;

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Steuereinheit in einer ersten Ausführungsform im Ausschnitt; und

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Steuereinheit in einer zweiten Ausführungsform im Ausschnitt.

In Fig. 1 ist die Pumpe-Düse-Einheit in ihrer Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 1 gekennzeichnet. Die Pumpe-Düse-Einheit 1 dient zur Kraftstoffzufuhr in einen Verbrennungsraum von direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschinen. Die Pumpe-Düse-Einheit 1 weist eine Pumpeneinheit 2 zum Aufbau eines Einspritzdrucks und zum Einspritzen des Kraftstoffs über eine Einspritzdüse 3 in den Verbrennungsraum auf. Des weiteren weist die Pumpe-Düse-Einheit 1 eine Steuereinheit 4 auf, mit einem Steuerventil 5 und einer schematisch dargestellten Ventilbetätigungseinheit 6 zur Steuerung des Druckaufbaus in der Pumpeneinheit 2. Bei der Pumpe-Düse-Einheit (PDE) 1 bilden die Pumpeneinheit 2 und die Einspritzdüse 3 eine Einheit. Pro Motorzylinder wird eine PDE 1 in den Zylinderkopf 7 einer Verbrennungskraftmaschine eingebaut und entweder direkt über einen Stößel oder indirekt über Kipphebel von einer Motor-Nockenwelle (nicht dargestellt) über eine Betätigung 8 angetrieben.

Ein Pumpenraum 9 der Pumpeneinheit 2 ist über Bypass-

Bohrungen 26 mit dem Steuerventil 5 der Steuereinheit 4 verbunden. Das Steuerventil 5 ist im nicht erregten Zustand der elektrischen Steuereinheit 4 geöffnet. Dadurch ist ein freier Durchfluss von der Pumpeneinheit 2 zu dem Niederdruckbereich des Systems gegeben und somit ein Befüllen des Pumpenraumes 9 während des Saughubes eines in dem Pumpenraum 9 axial bewegbaren Pumpenkolbens 10 und ein Rückströmen des Kraftstoffes während des Förderhubes möglich (vgl. Pfeile in den Bypass-Bohrungen 26).

Ein Ansteuern der Steuereinheit 4 während des Förderhubes des Pumpenkolbens 10 schließt diesen Bypass. Dies führt zu einem Druckaufbau in dem Hochdruckbereich und nach Überschreiten des Öffnungsdrucks der Einspritzdüse 3 zum Einspritzen von Kraftstoff in den Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine. Der Schließzeitpunkt der Steuereinheit 4 bestimmt somit den Einspritzbeginn und die Schließdauer der Steuereinheit 4 die Einspritzmenge.

Bei der dargestellten PDE 1 ist das Steuerventil 5 der Steuereinheit 4 als ein nach außen öffnendes A-Ventil ausgebildet, das einen Ventilkörper 11 aufweist, der entgegen der Strömungsrichtung auf einen Ventilsitz 13 wirkt und das Steuerventil 5 schließt. Die Ventilbetätigungseinheit 6 ist als ein piezoelektrischer Aktor ausgebildet. Die Ventilbetätigungseinheit 6 und das Steuerventil 5 sind über eine hydraulische Übersetzungsanordnung 14 miteinander verbunden. In Fig. 1 ist die hydraulische Übersetzungsanordnung 14 lediglich schematisch dargestellt. Sie wird in den Fig. 2 und 3 anhand zweier Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Die hydraulische Übersetzungsanordnung 14 hat eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgaben. Zunächst stellt sie eine steife Verbindung zwischen der Ventilbetätigungseinheit 6 und dem Steuerventil 5 dar und gewährleistet so eine sichere und zuverlässige Übertragung der Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors auf das A-Ventil. Darüber hinaus wird die Ausdehnungsbewegung der Ventilbetätigungseinheit 6 durch die hydraulische Übersetzungsanordnung 14 in eine anders gerichtete Ventilbetätigungsbewegung umgelenkt. Bei dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 2 wird die nach unten gerichtete Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine nach oben, also in die entgegengesetzte Richtung, gerichtete Ventilbetätigungsbewegung umgelenkt. Außerdem kann durch eine geeignete Wahl der mit der hydraulischen Übersetzungsanordnung 14 zusammenwirkenden Flächen der Ventilbetätigungseinheit 6 einerseits und des Steuerventils 5 andererseits ein gewünschtes Übersetzungsverhältnis zwischen der Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors und der Ventilbetätigungsbewegung erzielt werden. Relativ kleine Ausdehnungsbewegungen des piezoelektrischen Aktors können so in relativ große Ventilbetätigungsbewegungen übersetzt werden. Schließlich dient die hydraulische Übersetzungsanordnung 14 auch als thermisches Ausgleichselement zwischen der Ventilbetätigungseinheit 6 und dem Steuerventil 5. In dieser Funktion kompensiert die hydraulische Übersetzungsanordnung 14 die Auswirkungen der unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten des piezoelektrischen Aktors einerseits, der üblicherweise aus einem keramischen Kristall besteht, und des A-Ventils andererseits, das üblicherweise aus Metall besteht.

Um einen oberhalb des Ventilkörpers 11 angeordneten Ventilschaft 24 ist ein Führungsring 17 angeordnet, der dort mittels einer U-Scheibe 18 und einer Tellerfeder 19 gegen den Ventilkörper 11 verspannt ist. Der Führungsring 17 liegt mittels eines Flachsitzes 25 auf dem Ventilkörper 11 auf. Der Flachsitz 25 kann auch durch andere Sitzformen ausgeführt werden. Der Führungsring 17 ist axial verschiebbar in einer Bohrung 20 gelagert.

Die mit der hydraulischen Übersetzungsanordnung 14 zu-

sammenwirkende Fläche der Ventilbetätigungseinheit 6 ist  $\pi/4 \cdot d_3^2$ . Die wirksame Fläche des Steuerventils 5 ist  $\pi/4 \cdot (d_2^2 - d_1^2)$ . Für das Übersetzungsverhältnis der hydraulischen Übersetzungsanordnung 14 ergibt sich somit  $(d_3^2 - d_1^2)/d_2^2$ .

Bei dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 2 sind die Ventilbetätigungseinheit 6 und das Steuerventil 5 derart angeordnet, daß ihre jeweiligen Längsachsen in einem Abstand und parallel zueinander verlaufen.

Die hydraulische Übersetzungsanordnung 14 weist einen mit einer Hydraulikflüssigkeit gefüllten Speicher 15 auf. Die Ventilbetätigungseinheit 6 und der Ventilkörper 11 des Steuerventils 5 ragen hydraulisch abgedichtet in den hydraulischen Speicher 15. Die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors erfolgt in den hydraulischen Speicher 15 hinein und führt zu einem Druckanstieg in dem hydraulischen Speicher 15. Der Ventilkörper 11 ragt derart in den hydraulischen Speicher 15, dass die Druckänderung in dem hydraulischen Speicher 15 zu einem Verschieben des Ventilkörpers 11 in axialer Richtung führt.

Ein Federelement 16 drückt einen außen um den Ventilkörper 11 verlaufenden Ventilteller 12 in einem nicht erregten Zustand der Steuereinheit 4 in einer Durchlassstellung von dem Ventilsitz 13 des Steuerventils 5 weg und gegen einen Anschlag 21. Durch einen Druckanstieg in dem hydraulischen Speicher 15 wird der Ventilschaft 11 um den Hub  $h_1$  verschoben und der Ventilteller 12 entgegen der Kraft des Federelements 16 in einer Verschlussstellung auf den Ventilsitz 13 gedrückt.

In Fig. 3 werden für übereinstimmende Bauteile die gleichen Bezugszeichen verwendet. In dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 3 ist die Ventilbetätigungseinheit 6 ebenfalls als ein piezoelektrischer Aktor ausgebildet. Die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors wird auf einen hohlzylinderförmigen Übertragungskörper 22 übertragen, der senkrecht auf dem hydraulischen Speicher 15 steht und der an seiner Unterseite eine kreisringförmige Fläche  $\pi/4 \cdot (d_3^2 - d_2^2)$  aufweist, die auf den hydraulischen Speicher 15 wirkt. An der Oberseite weist der Übertragungskörper eine Entlastungsbohrung 23 zum Druckausgleich auf. Der Übertragungskörper 22 ist in der Bohrung 20 axial verschiebbar gelagert.

Im Inneren des Übertragungskörpers 22 ist der Führungsring 17 axial verschiebbar gelagert. Im Inneren des Führungsringes 17 ist der Ventilschaft 24 mittels der U-Scheibe 18 und der Tellerfeder 19 gegen den Ventilkörper 11 verspannt. Der Führungsring 17 liegt mittels eines Flachsitzes 25 auf dem Ventilkörper 11 auf. Der Flachsitz 25 kann auch durch andere Sitzformen ausgeführt werden. Auf den Führungsring 17 wirkt das Federelement 16, das sich an dem Übertragungskörper 22 abstützt. Das Federelement 16 ist als eine Druckfeder ausgebildet. Die auf den hydraulischen Speicher 15 wirkende Fläche des Steuerventils 5 ist  $\pi/4 \cdot (d_2^2 - d_1^2)$ . Für die zweite Ausführungsform ergibt sich somit ein Übersetzungsverhältnis von  $(d_3^2 - d_2^2)/(d_2^2 - d_1^2)$ .

Bei dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 3 sind die Ventilbetätigungseinheit 6 und das Steuerventil 5 derart angeordnet, daß ihre jeweiligen Längsachsen deckungsgleich sind.

In dem entlasteten Zustand der Ventilbetätigungseinheit 6 ist der Ventilteller 12 um den Hub  $h_2$  von dem Ventilsitz 13 abgehoben und liegt an dem Anschlag 21 an. Das Steuerventil 5 ist geöffnet und in der PDE 1 wird kein Druck aufgebaut. Durch Ansteuern der Ventilbetätigungseinheit 6 dehnt sich der piezoelektrische Aktor aus und überträgt die Ausdehnungsbewegung über den Übertragungskörper 22 auf den hydraulischen Speicher 15. Dadurch wird der Druck der Hydraulikflüssigkeit in dem hydraulischen Speicher 15 erhöht und wirkt auf die wirksame Fläche des Führungs-

rings 17. Dadurch wird der Ventilkörper 11 entgegen der Kraft der Druckfeder 16 nach oben verschoben bis der Ventilteller 12 auf den Ventilsitz 13 drückt. Das Steuerventil 5 ist nun geschlossen. In der PDE 1 wird ein Druck aufgebaut, und nach Überschreiten des Öffnungsdrucks der Einspritzdüse 3 wird Kraftstoff in den Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine gespritzt.

#### Bezugszeichenliste

1	Pumpe-Düse-Einheit (PDE)	10
2	Pumpeneinheit	
3	Einspritzdüse	
4	Steuereinheit	
5	Steuerventil	15
6	Ventilbetätigungseinheit	
7	Zylinderkopf	
8	Betätigung	
9	Pumpenraum	
10	Pumpenkolben	20
11	Ventilkörper	
12	Ventilteller	
13	Ventilsitz	
14	hydraulische Übersetzungsanordnung	
15	hydraulischer Speicher	25
16	Federelement	
17	Führungsring	
18	U-Scheibe	
19	Tellerfeder	
20	Bohrung	30
21	Anschlag	
22	Übertragungskörper	
23	Entlastungsbohrung	
24	Ventilschaft	
25	Flachsitz	35
26	Bypass-Bohrungen	

#### Patentansprüche

1. Pumpe-Düse-Einheit (1) zur Kraftstoffzufuhr in einen Verbrennungsraum von direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschinen mit einer Pumpeneinheit (2) zum Aufbau eines Einspritzdrucks und zum Einspritzen des Kraftstoffs über eine Einspritzdüse (3) in den Verbrennungsraum und mit einer Steuereinheit (4) mit einem Steuerventil (5), das als nach außen öffnendes A-Ventil ausgebildet ist, und einer Ventilbetätigungseinheit (6) zur Steuerung des Druckaufbaus in der Pumpeneinheit (2), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ventilbetätigungseinheit (6) als ein piezoelektrischer Aktor ausgebildet ist.
2. Pumpe-Düse-Einheit (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (4) Mittel aufweist, um die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine anders gerichtete Ventilbetätigungsbewegung umzulenken und/oder Mittel aufweist, um die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine größere Ventilbetätigungsbewegung zu übersetzen und/oder Mittel aufweist, die als thermisches Ausgleichselement zwischen dem piezoelektrischen Aktor und dem Steuerventil (5) wirken.
3. Pumpe-Düse-Einheit (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel als eine hydraulische Übersetzungsanordnung (14) ausgebildet sind.
4. Steuereinheit (4) mit einem Steuerventil (5), das als ein nach außen öffnendes A-Ventil ausgebildet ist, und einer Ventilbetätigungseinheit (6) zur Steuerung des Druckaufbaus in einer Pumpenanordnung, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die Ventilbetätigungseinheit (6) als ein piezoelektrischer Aktor ausgebildet ist.

5. Steuereinheit (4) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpenanordnung als eine Pumpeneinheit (2) einer Pumpe-Düse-Einheit (1) zur Kraftstoffzufuhr in einen Verbrennungsraum von direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschinen ausgebildet ist, die einen Einspritzdruck aufbaut und den Kraftstoff über eine Einspritzdüse (3) in den Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine einspritzt.

6. Steuereinheit (4) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß sie Mittel aufweist, um die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine anders gerichtete, insbesondere in eine entgegengesetzt gerichtete, Ventilbetätigungsbewegung umzulenken und/oder Mittel aufweist, um die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors in eine größere Ventilbetätigungsbewegung zu übersetzen und/oder Mittel aufweist, die als thermisches Ausgleichselement zwischen dem piezoelektrischen Aktor und dem Steuerventil (5) wirken.

7. Steuereinheit (4) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel als eine hydraulische Übersetzungsanordnung (14) ausgebildet sind.

8. Steuereinheit nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die hydraulische Übersetzungsanordnung (14) einen mit einer Hydraulikflüssigkeit gefüllten hydraulischen Speicher (15) aufweist, mit dem der piezoelektrische Aktor und ein Ventilkörper (11) des Steuerventils (5) hydraulisch abgedichtet in Verbindung stehen, wobei die Ausdehnungsbewegung des piezoelektrischen Aktors den Druck in dem hydraulischen Speicher (15) erhöht und die Druckänderung in dem hydraulischen Speicher (15) den Ventilkörper (11) axial verschiebt.

9. Steuereinheit (4) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Federelement (16) einen außen um den Ventilkörper (11) verlaufenden Ventilteller (12) in einer Durchlaßstellung von einem Ventilsitz (13) des Steuerventils (5) wegdrückt und daß ein Druckanstieg in dem hydraulischen Speicher (15) den Ventilteller (12) entgegen der Kraft des Federelements (16) in einer Verschußstellung auf den Ventilsitz (13) drückt.

10. Steuereinheit (4) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der piezoelektrische Aktor und das Steuerventil (5) derart angeordnet sind, daß ihre jeweiligen Längsachsen in einem Abstand und parallel zueinander verlaufen.

11. Steuereinheit (4) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der piezoelektrische Aktor und das Steuerventil (5) derart angeordnet sind, daß ihre jeweiligen Längsachsen deckungsgleich sind.

12. Verfahren zur Steuerung des Druckaufbaus in einer Pumpeneinheit (2) mittels einer Steuereinheit (4) mit einem Steuerventil (5), das als ein nach außen öffnendes A-Ventil ausgebildet ist, und einer Ventilbetätigungseinheit (6), wobei die Pumpeneinheit (2) Bestandteil einer Pumpe-Düse-Einheit (1) zur Kraftstoffzufuhr in einen Verbrennungsraum von direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschinen ist und die Pumpeneinheit (2) einen Einspritzdruck aufbaut und den Kraftstoff über eine Einspritzdüse (3) in den Verbrennungsraum einspritzt, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventilbetätigungseinheit (6) als ein piezoelektrischer Aktor ausgebildet ist und das Steuerventil (5) von dem piezoelektrischen Aktor angesteuert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausdehnungsbewegung des piezo-

elektrischen Aktors über eine hydraulische Übersetzungsanordnung (14) auf das Steuerventil (5) übertragen wird.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

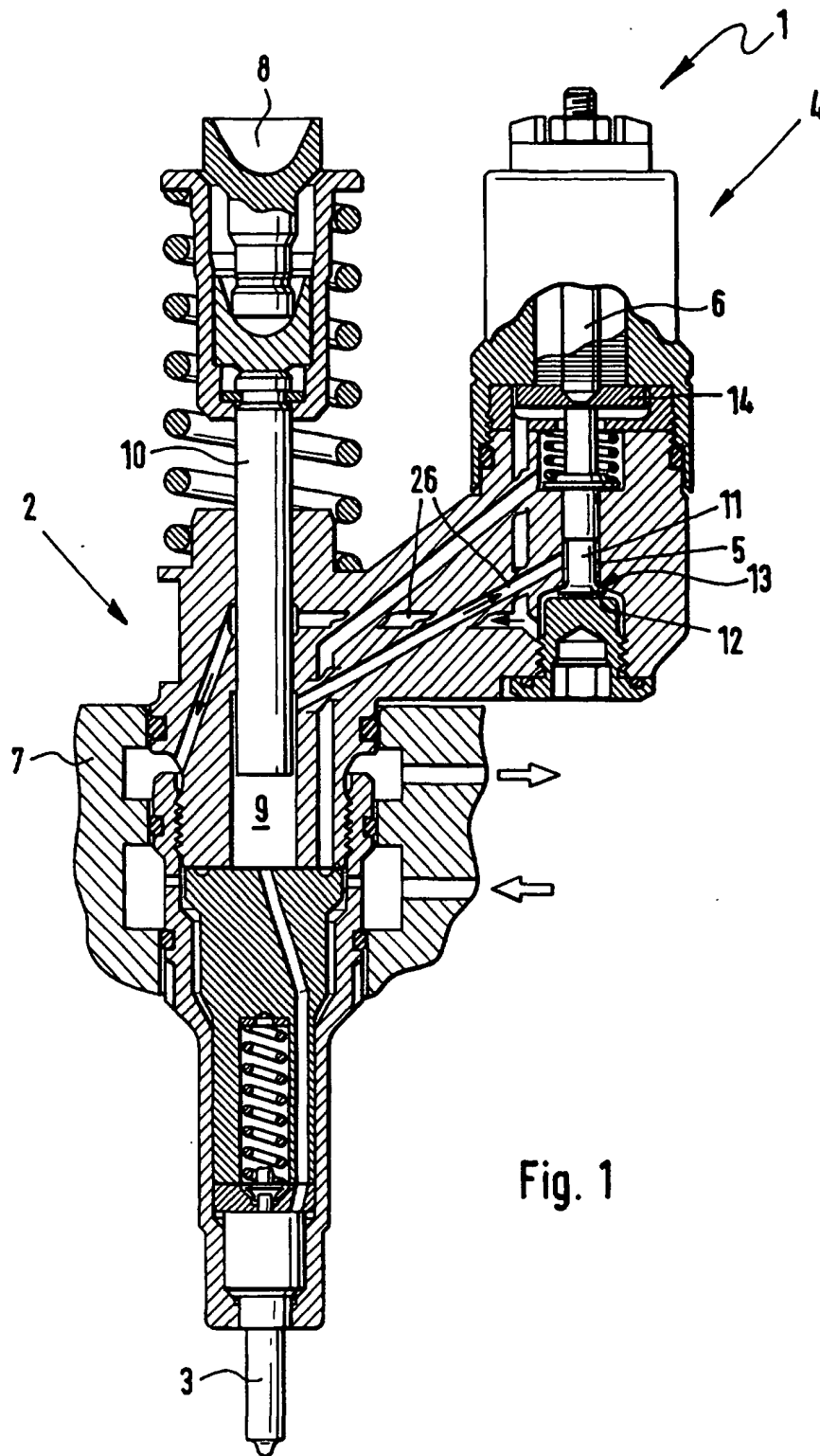
50

55

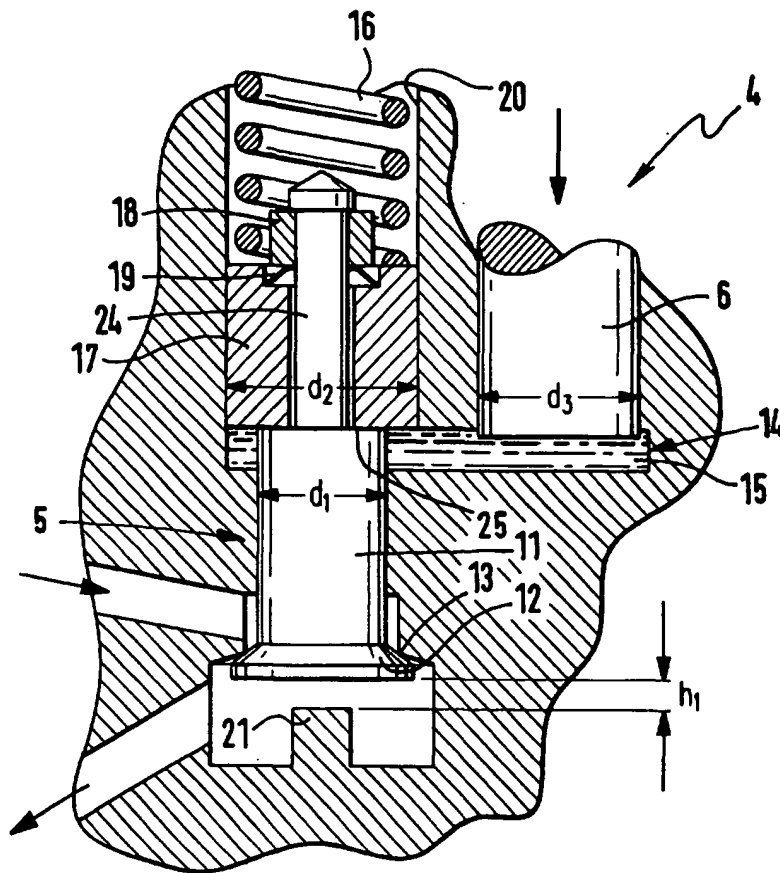
60

65

- Leerseite -







**Fig. 2**

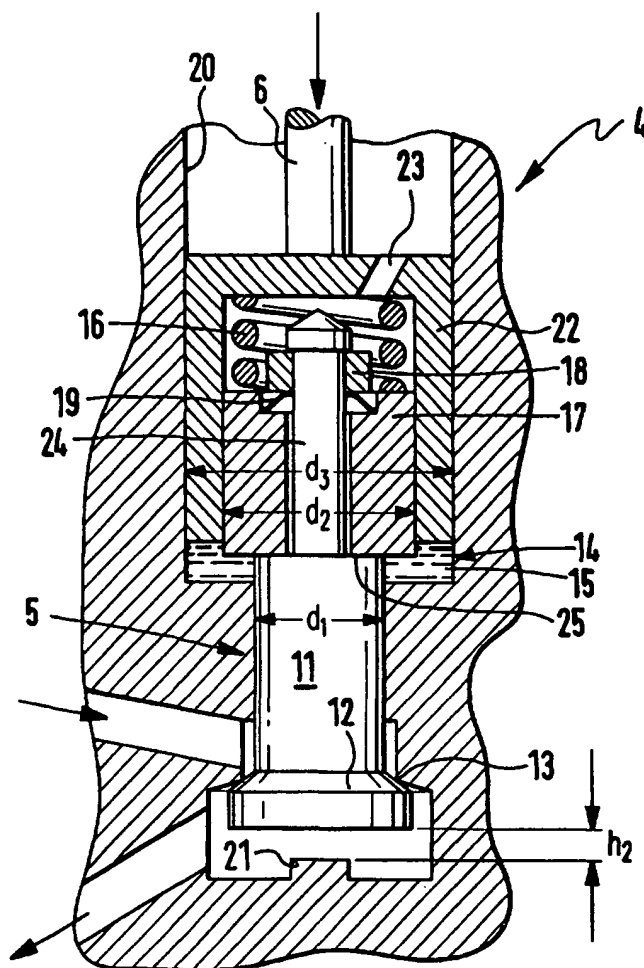


Fig. 3